

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ
И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра системного анализа и информационных технологий

А.М. ЮРИН, М.П. ДЕНИСОВ

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ
ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ НА ЯЗЫКЕ EXPRO**

Учебно-методическое пособие

Казань – 2015

УДК 004.891
ББК 32.813

*Принято на заседании кафедры системного анализа
и информационных технологий
Протокол № 7 от 14 апреля 2015 года*

Рецензенты:

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры теоретической кибернетики КФУ **В.С. Кугураков**;
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры системного анализа и информационных технологий КФУ
В.Ю. Михайлов

Юрин А.М., Денисов М.П.

**Лабораторные работы по созданию экспертных систем на языке
ExPro / А.М. Юрин, М.П. Денисов. – Казань: Казан. ун-т, 2015. –39 с.**

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и содержит описание заданий лабораторных работ по дисциплине «Интеллектуальные системы».

© Юрин А.М., Денисов М.П., 2015
© Казанский университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Ознакомление с инструментальной экспертной системой ExPRO | 5 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. Определение параметров и графическое отображение плоских фигур | 8 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Разработка баз знаний с использованием таблиц EXCEL | 15 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Разработка экспертных систем с объектно-ориентированным (фреймовым) представлением знаний .. | 22 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Решение задач с изменением стратегии вывода | 28 |
| ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. Распознавание образов с использованием искусственных нейронных сетей | 33 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 38 |

ВВЕДЕНИЕ

Для разработки экспертных систем широко используются инструментальные средства. К таким средствам относится инструментальная система ExPRO, которая предназначена для формализации знаний предметных областей. Освоение этой системы производится с помощью выполнения лабораторных работ, которые позволяют поэтапно создавать базы знаний.

Пособие включает 6 лабораторных работ, которые содержат: цели и задачи работ, теоретический материал, порядок выполнения работ, задание и контрольные вопросы.

Инструментальная экспертная системы ExPRO 4 содержит все компоненты, которые обеспечивают функционирование экспертной системы. Общее ознакомление с инструментальной системой предусмотрено в лабораторной работе №1. Пользователи знакомятся с интерфейсом системы и на примерах изучают базы знаний с продукционной моделью представления знаний. Затем решают задачи и с помощью средств объяснения изучают как получено решение.

В последующих лабораторных работах рассмотрено создание баз знаний с использованием логических, вычислительных и графических функций.

При разработке правил используются системные функции, с возможностью описания списков, таблиц и циклических действий.

Лабораторная работа №5 рассматривает стратегии поиска решения: прямой и обратный вывод. Исследуются условия изменения стратегии в процессе поиска решения на конкретных примерах.

Инструментальная система ExPRO имеет средства решения задач с использованием искусственных нейронных сетей. В лабораторной работе №6 решаются задачи по распознаванию образов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ EXPRO

Цель и задачи работы

Целью лабораторной работы является ознакомление с инструментальной системой ExPRO 4, с методами и средствами разработки баз знаний для широкого круга задач. В работе представлено основное назначение системы и средства формализованного представления знаний. Выполнение лабораторной работы позволит студентам выбирать средства, необходимые для представления и обработки знаний.

Теоретический материал

Существуют различные средства создания баз знаний для решения трудно формализуемых задач. Наибольшее применение находят инструментальные экспертные системы, которые содержат все компоненты экспертной системы и пустую базу знаний (оболочки). К таким системам относится инструментальная экспертная система ExPRO 4 [1].

Система позволяет разрабатывать экспертные системы для диагностики, тестирования, обучения, проектирования и решения других задач.

Инструментальная система работает в двух режимах:

- Создание базы знаний.
- Решение задач предметной области.

Система ExPRO 4 включает следующие компоненты, присущие любой экспертной системе (Рис.1.1.):

- интерфейс системы,
- редактор базы знаний,
- библиотека функций
- база знаний,
- интерфейс системы,

- редактор базы знаний,
- библиотека функций
- база знаний,
- подсистема поиска решения,
- подсистема ИНС,
- подсистема объяснения,
- рабочая память,
- библиотека модулей знаний.

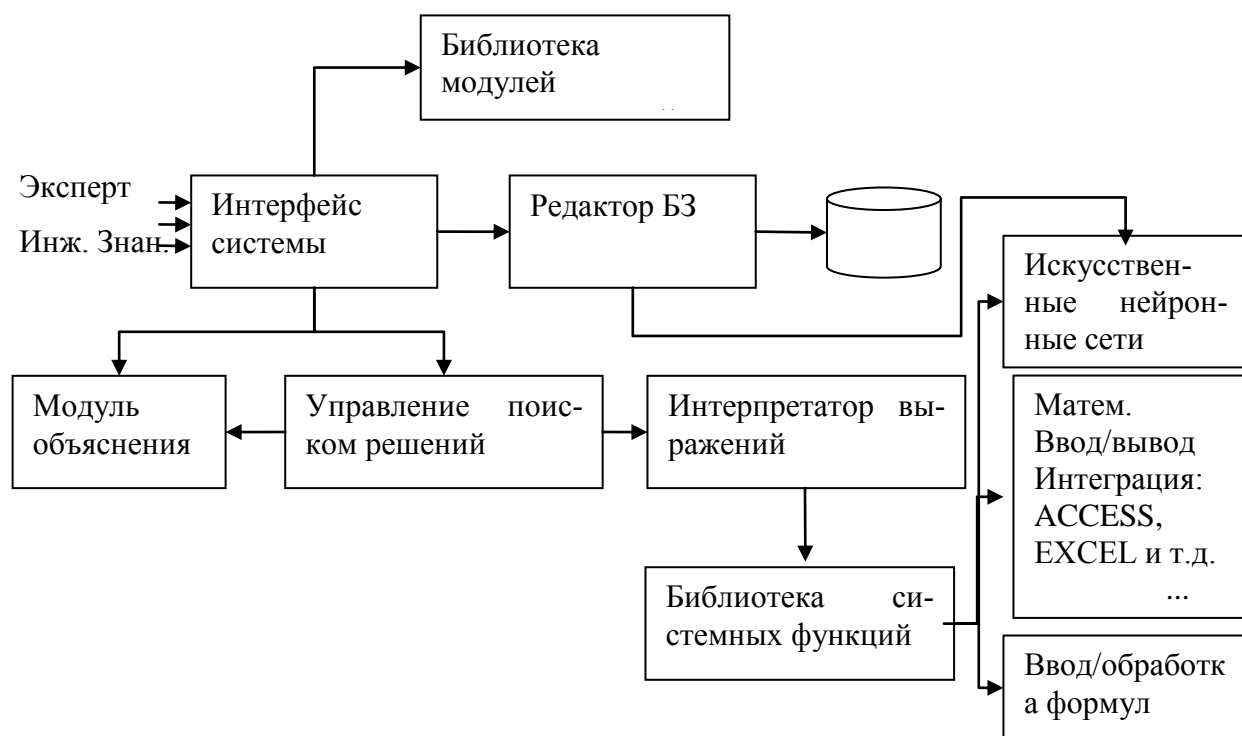


Рис. 1.1. Структуры инструментальной экспертной системы ExPRO 4

Порядок выполнения работы

1. Выполнение разработанных баз знаний.
2. Создание базы знаний.
3. Ввод правил.
4. Выбор функций.
5. Выбор базы знаний из библиотеки модулей знаний.
6. Построить дерево объяснений.

7. Средства документирования результата.

Задание

1. Открыть и выполнить базу знаний из папки "Примеры"

Контрольные вопросы

1. Состав компонентов экспертной системы.
2. Почему в экспертной системе введен модуль объяснения.
3. Как создать базу знаний.
4. Способы документирования результата.
5. Как используется библиотека модулей знаний.
6. Способ создания пользовательской функции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР

Цели и задачи работы

Лабораторная работа 2 позволяет освоить основы продукционной модели, функции ввода/вывода системы ExPRO (ВВОД, ВВОДБЛ, ВЫВОД и др.) и функции рисования (РИСПРЯМОУГ, РИСМНОГОУГ, РИСКРУГ и др.).

В работе предполагается: определение площади плоской фигуры, определение наличия пересечения двух плоских фигур, графическое отображение фигур с обозначениями параметров.

Теоретический материал

Для взаимодействия с пользователем в системе ExPRO предусмотрены функции ввода/вывода.

Функция "ВВОД" позволяет ввести одно текстовое или числовое значение. На вход принимается один аргумент – пояснение, что именно вводить. Пример использования: `a=ВВОД ("Введите ширину прямоугольника")`

Функция "ВВОДБЛ" позволяет ввести сразу множество значений. Первым аргументом функции является пояснение, аналогичное функции "ВВОД", остальные аргументы – это переменные, которые должен будет ввести пользователь.

Пример использования:

`ВВОДБЛ ("Введите размеры прямоугольника", x, y).`

В связи с особенностями поиска решений системы, для любой из стратегий, необходимо в этом же правиле заранее определить вводимые переменные:

`x=1`

`y=1`

`ВВОДБЛ ("Введите размеры прямоугольника", x, y)`

Это необходимо для того, чтобы система определила, что данные переменные являются выходными.

В столбце "переменные" отображаются имена вводимых переменных, а если для переменной задан комментарий, то будет отображаться он. В столбце "выражение" пользователь вводит данные, определяющие соответствующие переменные. Если выражение будет начинаться с "@", то система при вводе вычислит выражение, идущее после этого символа. Т.е. если ввести "@2+2", то значение вводимой переменной будет "4". Если же выражение не начинается с этого символа, то система попытается использовать введенное значение как число, если это не получится, то как строку.

Для организации ввода путем выбора варианта или для организации меню удобно использовать функцию ВЫБОР. Данная функция принимает на вход пояснение для ввода и список вариантов выбора. После ввода функция возвращает выбранный вариант как строку.

Пример использования: тип = ВЫБОР("Выберите тип фигуры", ["прямоугольник", "треугольник", "круг"]).

Если необходимо выбрать несколько значений, то используется функция МВЫБОР. Она работает аналогично функции ВЫБОР, но позволяет выбрать более одного значения, если выбирать с нажатым ctrl или shift. Функция возвращает уже не значение, а список.

Если необходимо пояснить варианты изображениями, то используется функция ВЫБОР_РИС. Функция работает аналогично функции ВЫБОР, но при выборе одного из вариантов показывает связанное с ним изображение.

Пример: тип = ВЫБОР_РИС("Выберите тип фигуры", ["прямоугольник:1.png", "треугольник:2.png", "круг:3.png"])

Возвращается значение до двоеточия. Т.е. если выбран "прямоугольник:1.png", то значение переменной "тип" будет "прямоугольник".

Для задания вопроса пользователю используется функция ВОПРОС. Она принимает на вход один аргумент – текст вопроса. Возвращается логическое значение – ответил ли пользователь "да".

Для текстового вывода используются функция **ВЫВОД**. Данная функция принимает на вход сколько угодно параметров. Все эти параметры будут выведены на экран в их текстовом представлении. Пример: **ВЫВОД("Sp=",19)**.

Для графического отображения в системе **ExPRO** существуют функции рисования. При первом использовании функции рисования автоматически появится графическое окно, в котором пользователь будет видеть результат графического вывода. Графический вывод производится в системе координат с единицами измерения – пиксели, с началом координат в левой нижней точке графического окна, с осью *y* направленной вверх и осью *x* направленной вправо.

Для отображения прямоугольника используется функция **РИСПРЯМОУГ**. Данная функция принимает на вход: координаты левого нижнего угла прямоугольника, размер прямоугольника, цвет заливки/контура прямоугольника, стиль заливки/контура прямоугольника.

Например, **РИСПРЯМОУГ(10, 20, 100, 50, "Black", "сплошной")** отобразит прямоугольник с левым нижним углом в координатах (10, 20), с шириной 100 и высотой 50, закрашенный черным цветом.

Если необходимо нарисовать только контур прямоугольника, то используется "@" перед цветом. Например: **РИСПРЯМОУГ(10,20,100,50,"@black")**.

Параметр стиля не является обязательным. По-умолчанию: "сплошной". Может принимать значения: "сплошной", "пунктир".

Для отображения окружности используется функция **РИСКРУГ**. Данная функция принимает на вход: координаты центра окружности, радиус и цвет заливки. Цвет заливки также как и **РИСПРЯМОУГ** позволяет либо заливать круг, либо рисовать контур. Примеры: **РИСКРУГ(10,20,100,"black")**, **РИСКРУГ(10,20,100,"@black")**. Обе функции отобразят круг с центром в координатах (10,20) и радиусом 100, однако первая его закрасит черным, а вторая только отобразит его черный контур.

РИСЭЛЛИПС позволяет отобразить эллипс. Параметры полностью аналогичны РИСПРЯМОУГ. Позиционирование задается через левый нижний угол прямоугольника, в который вписывается эллипс.

Для отображении дуги эллипса используется функция РИСДУГА. Данная функция отображает только контур. На вход принимает параметры прямоугольника, в который вписывается эллипс, начальный угол, угол дуги, цвет. Нулевой угол – правее центра, на такой же высоте. Углы отсчитываются от нулевого угла по часовой стрелке. Пример: РИСДУГА(10,10,100,100,0,-180,"black"). Данный вызов отобразит дугу эллипса (окружности), вписанного в прямоугольник 100x100 с левым нижним углом в (10,10). Дуга начнется с 0 градусов и пройдет до 180 градусов против часовой стрелки (т.е. -180). Дуга будет черного цвета.

Для отображения линии и стрелки используются функции: РИСЛИНИЯ, РисСтрелка. Данные функции принимают на вход начальную точку, конечную точку, цвет и стиль. Стиль необязательный аргумент и может принимать значение "пунктир". Если аргумент отсутствует, то линия будет сплошной. Пример: РисСтрелка(10,10,100,100,"Red","пунктир"). Данный вызов отобразит пунктирную стрелку из (10, 10) в (100, 100) красного цвета.

Для рисования ломаной линии используется функция РИСЛОМЛИН. Данная функция аналогично функции РИСЛИНИЯ, но не принимает аргумент "стиль" и может принимать на вход более 2 пар координат. Пример: РИСЛОМЛИН(10,15,25,25,50,100,"Red").

Для отображения многоугольника, не подпадающего под вышеописанные функции используется функция РИСМНОГОУГ. Она принимает на вход неограниченное число пар координат и цвет. К цвету также можно приписывать "@" для отображения только контура фигуры. Пример: РИСМНОГОУГ(10,10,100,100,200,10,"@Red"). Отобразит красный контур треугольника (10,10) - (100,100) - (200,10).

Для указания цвета конкретного пикселя используется функция РИСТОЧКА. Она принимает на вход координаты и цвет. Например, РИСТОЧКА(10,15,"Red").

Для закраски произвольных замкнутых областей на данный момент нет специальных функций. Поэтому есть несколько способов заливки, например:

1. Определить контур и использовать описанные выше функции

2. Использовать метод генерации случайных точек. В этом случае генерируется случайная точка через функцию СЛЧИСЛО. Например, СЛЧИСЛО(10, 100) сгенерирует число от 10 до 100. После чего проверяется находится ли точка в закрашиваемой области и если да, то используется функция РИСТОЧКА.

Для вывода текста в графическое окно используется функция НАДПИСЬ. Задается сам текст, левый нижний угол прямоугольника, ограничивающего текст, шрифт, размер шрифта, цвет. Например: НАДПИСЬ("Тестовая надпись", 0, 0, "Arial", 14, "Red"). Будет выведена красная надпись "Тестовая надпись" в координатах (0,0) шрифтом "Arial" 14 размера.

Появляются ситуации, когда необходимо введенную строку интерпретировать как число (например, при вычислениях), или наоборот вычисленное значение интерпретировать как строку (например, для функции ВЫВОД, НАДПИСЬ или при формировании строки). Для многих случаев система производит преобразования автоматически. В частности, если суммируется число и строка, то система попытается преобразовать строку в число и сложить два числа. Однако, если суммируются две строки, то никаких преобразований не будет. Если же автоматическое преобразование дает неверный результат или ошибку, то есть возможность ручного преобразования: СТР_ЧИСЛО, ЧИСЛО_СТР. Данные функции принимают на вход строку или число соответственно и возвращаются число или строку, если есть возможность преобразования. Например:

```
a="2",ВЫВОД(СТР_ЧИСЛО(a)+2) //Выведется 4
```

Порядок выполнения работы

1. Создать базу знаний расчета площади плоской фигуры. Порядок выполнения:

- Ввод данных фигуры через функцию ВВОД
- Расчет площади фигуры по формуле
- Вывод результата через функцию ВЫВОД

2. Добавить расчет площади для нескольких типов фигур. Порядок выполнения:

- Добавить правило ввода типа фигуры через функцию ВЫБОР
- Добавить условие на тип фигуры к уже созданному ранее правилу расчета площади плоской фигуры
- Добавить по аналогии новые правила расчета площади плоских фигур для других типов

3. Реализовать ввод параметров фигур через функцию ВВОДБЛ, вместо ВВОД. Добавить ввод положения фигур.

4. Добавить отображение фигур через функции РИСПРЯМОУГ, РИСКРУГ, РИСМНОГОУГ и др.

5. Добавить вывод площади фигуры через функцию НАДПИСЬ

6. Добавить выбор задачи через функцию ВЫБОР. (Расчет площади или определение пересечения)

7. Добавить к правилу ввода типа фигуры условие на задачу.

8. Добавить задачу определения пересечения. Порядок выполнения:

- Ввод данных двух фигур через ВВОДБЛ
- Определение наличия или отсутствия пересечения разбором множества вариантов или методом случайной точки
- Закраска пересечения методом определения контура или методом случайных точек

Задания

1. Создать базу знаний расчета площади плоских фигур. Не менее трех фигур.
2. Добавить задачу определения пересечения двух плоских фигур.

Контрольные вопросы

1. Какие функция в ExPRO отображают прямоугольник, круг, эллипс?
2. Какими способами можно закрасить область пересечения двух фигур?
3. Какие способы вывода текста есть в ExPRO?
4. Как в ExPRO отобразить пятиугольник?
5. Как в ExPRO нарисовать ломанную линию?
6. Как в ExPRO ввести параметры фигуры с использованием одной функции.
7. Как в ExPRO ввести тип фигуры с пояснением вариантов в виде рисунков.
8. Как организовать меню в системе ExPRO?
9. Что будет выведено в результате: $a="20"$ $b="20"$ **ВЫВОД**($a + b$)? Как можно изменить результат используя функции преобразования типов?
10. Как организовать ввод списка типов фигур, которые хочет использовать пользователь?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

РАЗРАБОТКА БАЗ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЦ EXCEL

Цели и задачи работы

Лабораторная работа 3 позволяет освоить работу с таблицами (в том числе функции: СОЗДТАБЛ, ЭЛЕМТАБ, КОЛСТР, КОЛСТОЛБ и др.), интеграцию с внешними приложениями и операторные блоки (if, ПОКА).

В работе предполагается: создание таблиц с использованием средств ExPRO и EXCEL, загрузка таблиц EXCEL в системе ExPRO, организация поиска по таблицам.

Теоретический материал

В системе ExPRO предусмотрена работа с таблицами. Таблицы могут быть созданы в редакторе самой системы или загружены внешние.

Во время создания внутренней таблицы можно изменять число строк, столбцов, задавать имена столбцов и вводить значения ячеек. В редакторе таблиц ExPRO в ячейку вводится выражение. В связи с этим для ввода строк они берутся в "". Например: "Текст ячейки 1". В выражениях могут присутствовать и переменные, например: $a+b$. Для вычисления такого выражения переменные должны быть определены до инициализации таблицы (описана ниже), в противном случае выражение будет интерпретироваться как строка.

При создании внутренней таблицы ей присваивается имя. Например: Таблица1. Для начала ее использования ее необходимо инициализировать, присвоив ее в любом правиле переменной, например: $T1 = \text{Таблица1}$.

Второй способ создания таблицы – создание таблицы в EXCEL и сохранение ее в формате ".csv (MS-DOS)".

При создании таблицы необходимо выставить определенные настройки EXCEL: разделитель дробной части – точка. В случае преобразования введенных значений в дату необходимо выставить числовой тип ячейке: ПКМ -> Формат ячеек -> Число -> Числовой -> ОК.

Для загрузки внешней таблицы в ExPRO необходимо воспользоваться функциями: ЧТЕНИЕ, ЗАГРТАБ.

Функция ЧТЕНИЕ принимает на вход два аргумента. Первый аргумент – путь к файлу (относительный или абсолютный), второй аргумент – тип файла ("бинарный" или "текст"). Второй аргумент не обязательный (По-умолчанию – "текст"). При использовании второго аргумента соответственно можно загрузить либо текстовый файл (строка), либо бинарный (массив байтов, который обрабатывается на данный момент только функцией ЗАПИСЬ). Функция возвращает прочитанные данные и их можно присвоить некоторой переменной. Пример: F1=ЧТЕНИЕ("In.csv").

После чтения файла типа "текст" переменная содержит строковое значение. Если эта строка попадает под формат "CSV (MS-DOS)", то есть возможность преобразовать ее в таблицу. Функция ЗАГРТАБ получает на вход строку и возвращает таблицу, если может произвести преобразование. Пример:

```
F1=ЧТЕНИЕ("In.csv")
```

```
T1=ЗАГРТАБ(F1)
```

Если необходимо после работы с таблицей сохранить ее обратно в файл используется функция СОХРТАБ, принимающая на вход таблицу и имя файла и не возвращающая результата. например: СОХРТАБ(T1, "Out.csv").

Третий способ получения таблицы – это ее динамическое создание в одном из правил. Для этого предназначена функция СОЗДТАБЛ. Данная функция принимает на вход число столбцов первым аргументом и число строк вторым, необязательным аргументом. Пример: СОЗДТАБЛ(4,5) создает таблицу с 4 столбцами и 5 строками без значений в ячейках таблицы.

После того как таблица инициализирована, загружена или создана появляется возможность ее обработки с использованием функций работы с таблицами ExPRO.

Для добавления колонки в таблицу используется функция ДОБКОЛОН. Она принимает на вход таблицу и добавляет к ней столбец, не возвращая при

этом никакого значения. Например: ДОБКОЛОН(T1). Для добавления строки аналогично используется функция ДОБСТР.

Для удаления колонки используется функция УДКОЛОН, которая кроме таблицы первым аргументом также принимает второй аргумент – номер колонки. Например: УДКОЛОН(T1, 2) удалит вторую колонку таблицы. Аналогично для удаления строки используется функция УДСТР.

Необходимо помнить, что строки и столбцы индексируются начиная с 1, т.е. для обработки первой строки таблицы необходимо указывать номер 1.

Для доступа к элементу таблицы используется функция ЭЛЕМТАБ. Она принимает на вход: таблицу, номер строки, номер столбца. Т.е. для доступа к элементу в первой строке и втором столбце таблицы T1 необходимо написать: значение = ЭЛЕМТАБ(T1, 1, 2).

Для изменения элемента таблицы используется функция ИЗМТАБ. Она принимает на вход: таблицу, номер строки, номер столбца, новое значение. Далее значение заданной ячейки меняется на новое и функция возвращает измененную таблицу. Важно помнить, что исходная таблица будет изменена независимо от присвоения результата работы функции. Т.е. для занесения в 1 строку, 2 столбец значения 5 необходимо вызвать ИЗМТАБ (T1, 1,2,5).

Для получения числа строк или столбцов таблицы используются функции: КОЛСТР, КОЛСТОЛБ. Т.е. для получения числа строк таблицы T1 необходимо вызвать числоСтрок = КОЛСТР(T1), а для получения числа столбцов числоСтолбцов = КОЛСТОЛБ(T1).

Для вывода таблицы используется функция **ВыводТаблицы**, которая будет определять переданный аргумент как таблицу и выводить в форматированном виде.

На данный момент в системе нет функций поиска по таблицам. Такой поиск можно организовать или непосредственно в правиле или в пользовательской функции путем перебора всех элементов с использованием циклов ПОКА.

Цикл ПОКА позволяет реализовать блок команд, которые будут выполняться пока истинно условие, записанное в ПОКА. Например: ПОКА(i<10) –

это начало цикла, который будет работать пока i не достигнет значения 10. Для указания места окончания блока повторяемых команд используется ВЫХОД. Т.е. для организации цикла, повторяемого 5 раз можно написать:

```
i = 1
ПОКА(i <= 10)
...
i = i + 1
ВЫХОД
```

Например, если необходимо реализовать поиск элемента из определенного столбца для которого в той же строке в другом столбце находится элемент наиболее близкий к искомому, то можно реализовать следующую функцию:

```
i=1 //счетчик для прохода по строкам (индексация с 1)
vmin=-1 //минимальная разница между искомым значением и значением
ячейки
found=0 //найденный элемент
//организуется цикл по всем строкам таблицы T
ПОКА(i<=КОЛСТР(T))
    el =ЭЛЕМТАБ(T,i,isearch) //выбирается элемент из рассматриваемой
строки и поискового столбца
    if (vmin=-1|АБС(el-val)<vmin) //определяется ближе ли выбранный эле-
мент к искомому значению, чем прошлый наиболее близкий
        found=ЭЛЕМТАБ(T,i,iout) //если да, то пока считаем эту строку искомой
        vmin=АБС(el-val) //обновляем минимальную разницу
    endif
//
i=i+1 //переходим к следующей строке
ВЫХОД
//После цикла в found будет искомый элемент
Возврат(found) //если реализовывалась функция, то возвращает значение
```

Порядок выполнения работы

1. Создать Таблицу 1 в Excel с тремя столбцами:

Таблица 3.1.

Таблица соответствия размеров детали и единиц допуска

| Dmin | Dmax | i |
|------|------|---|
| | | |

Где: Dmin – минимальный размер;

Dmax – максимальный размер;

i – единица допуска.

Целая часть числа отделяется точкой.

Файл таблицы сохраняется в формате: .csv (MS-DOS)

Данные для таблицы берутся из Рис. 3.1.

2. Создать Таблицу 2 в ExPRO с двумя столбцами:

Таблица 3.2.

Таблица соответствия количества единиц допуска и качества

| К | IT |
|---|----|
| | |

Где: К – Количество единиц допуска;

IT – качество.

Данные для таблицы берутся из Таблицы 3.3.

3. Создать базу знаний.

3.1. Ввод данных (D, Td)

3.2. Загрузка таблицы Excel. (T1)

3.3. Инициализация таблицы, созданной в ExPRO. (T2)

3.4. Порядок определения качества:

- Поиск по таблице T1 единицы допуска i при заданном D . D вводится пользователем.

- Определение количества единиц допуска K .

$K=1000 \cdot T_d / i$. Где T_d – задаваемый допуск на изготовление в мм, вводится пользователем.

- Определение качества IT по таблице T2 при заданном K .

Таблица 3.3.

Таблица соответствия размеров детали и единиц допуска

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Интервалы размеров (D), мм | до 3 | -6 | -10 | 0-18 | 8-30 | 0-50 | 0-80 | 0-120 | 20-180 | 80-250 | 50-315 | 15-400 | 00-500 |
| Значение i | .55 | .73 | .90 | .08 | .31 | .56 | .86 | .17 | .52 | .90 | .23 | .54 | .89 |

Таблица 3.4.

Таблица соответствия количества единиц допуска и качества

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 6 | 5 | 0 | 4 | 00 | 60 | 50 | 00 | 40 | 000 | 600 | 500 |
| T | | | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

Задания

Создать базу знаний определения качества (точности) изготовления поверхности детали.

Контрольные вопросы

1. Как использовать таблицу, созданную в EXCEL в системе ExPRO?
2. Как создать таблицу средствами ExPRO и начать ее использовать?
3. Как получить доступ к элементу таблицы?
4. Как можно реализовать в системе следующую задачу: ввод ФИО и возраста пользователя и вывод этих данных в виде таблицы?
5. Как найти квалитет IT по таблице соответствия IT и K при заданном K?
6. Как в системе ExPRO удалить заданные строки/столбцы таблицы?
7. Как в системе ExPRO динамически создать таблицу?
8. Как в системе ExPRO добавить строку/столбец к таблице?
9. Как организовать изменение таблицы, созданной в системе EXCEL средствами ExPRO?
10. Как с использованием таблиц ExPRO можно реализовать матрицу, значение каждой ячейки которой вычисляется на основании значений других переменных?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ С ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ (ФРЕЙМОВЫМ) ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ ЗНАНИЙ

Цели и задачи работы

Лабораторная работа 4 позволяет освоить представление знаний о предметной области с использованием объектно-ориентированного подхода.

В работе предполагается: создание классов и объектов, работа с объектами, формирование документа на основе шаблона.

Теоретический материал

Понятие класса ExPRO может быть описано следующим образом:

$$C = \langle P, \{P_c\}, \{M\}, \{R\} \rangle,$$

где : C – имя класса

P – родительский класс

{P_c} – множество свойств

{R} – множество внутренних правил

Свойства (P_c) описываются как $P = \langle V, T, A \rangle$,

где: P – имя свойства,

V – начальное значение,

T – тип (может быть динамическим),

A – модификатор доступа (публичный или приватный).

Классы в ExPRO создаются в рамках конкретной базы знаний с использованием специального редактора. Каждый класс характеризуется следующими параметрами: имя, комментарий, суперкласс, свойства, внутренние правила.

В поле "суперкласс" вводится имя любого другого класса, которые является родительским для создаваемого класса. Дочерний класс наследует все свойства и внутренние правила родительского, т.е. эти свойства и правила доступны для использования и в дочернем.

Внутренние правила класса аналогичны правилам базы знаний, но вместо переменных могут оперировать только со свойствами класса, где они создаются. На данный момент внутренние правила работают только для обратного вывода.

Каждое свойство характеризуется следующими параметрами: имя, тип, комментарий, начальное значение, доступ. Доступ может иметь два значения "Protected" и "Public". Public свойства доступны как во внутренних правилах, так и во внешних, а Protected только во внутренних правилах описываемого класса.

Каждому классу при создании присваивается определенное имя. Например: Класс1. Допустим, что у этого класса есть свойства: a, b.

Тогда объект может быть создан в любом правиле следующим образом: объект1 = Класс1. Далее можно определить значения некоторых свойств: объект1.a = 5. Для обращения к свойству, уже имеющему значение делается аналогично: ВЫВОД(объект1.a)

Любое свойство также может быть объектом. Например:

отрезок1=Отрезок

отрезок1.точка1=Точка

отрезок1.точка1.x=10

отрезок1.точка1.y=10

В связи с особенностями поиска решений в случае определения/получения объекта с заведомо известными свойствами перед их использованием в этом же правиле необходимы дополнительные описания. Например:

o1 = ЭЛЕМСП(1, списокОбъектов) //получаем объект из первого элемента списка

o1.a //дополнительное описание, чтобы система понимала, что данное свойство уже определено до использования

ВЫВОД(o1.a) //выводим (используем) свойство объекта только после дополнительного описания

Если операции получения объекта и использования его свойств будут в разных правилах, то дополнительного описания не требуется.

Для оформления результатов работы базы знаний в системе ExPRO представлены возможности для формирования документов на основе шаблонов.

Шаблон может быть создан в редакторе шаблонов ExPRO. Шаблон создается с использованием визуального редактора текста. Предусмотрено специальное обозначение для возможности подстановки значений переменных в шаблон: #имя_переменной. Например, если необходимо вывести значение площади фигуры, то пишется следующая строка: Площадь фигуры $S = \#S$. В момент формирования документа на место $\#S$ подставится значение переменной S , если оно будет известно. Важно не делать разные стили у "#" и "имя_переменной". Т.е. если выделяется жирным, меняется шрифт, то это делается для всей конструкции сразу.

Для формирования документа на основе шаблона, созданного в ExPRO используется функция ДОКУМЕНТ. При использовании внутренних шаблонов в функцию передается только имя шаблона и она возвращает сформированный документ. Функция ДОКУМЕНТ всегда выводит сформированный документ на экран. Например, док = ДОКУМЕНТ(Шаблон1), где Шаблон1 – это имя шаблона, созданного в системе ExPRO. После выполнения данной функции сформированный документ присвоен переменной док и представляет из себя строку в формате html. Он может быть записан в текстовый файл с использованием функции ЗАПИСЬ, повторно выведен на экран с использованием функции ВЫВОД, а также может быть обработан функциями для работы со строками.

При формировании внешнего шаблона, он создается в любом редакторе, например, Word и сохраняется в формате html. Есть 2 важных аспекта при создании внешнего шаблона:

1. Кодировка текста шаблона – utf8
2. Word часто разделяет "#" и то что идет после нее тегами. Например: #...S. В данном случае значение переменной может не подставляться. Для решения этой проблемы необходимо открыть файл шаблона в

блокноте и ссылки на переменные к следующему виде: #S. Т.е. необходимо удалить лишние символы между "#" и "S".

Для работы с внешним шаблоном есть два варианта. Первый – это использование функции ДОКУМЕНТ. Полностью аналогично внутреннему шаблону, только в качестве аргумента передается строка – путь к файлу шаблона. Например: док = ДОКУМЕНТ("template.htm").

Второй вариант – это формирование документа вручную после поиска решений. Для этого после поиска решений перейдите в редактор, нажмите документ -> создание документа. После этого выберите файл шаблона, затем файл, в который сохранить сформированный документ.

Порядок выполнения работы

1. Построить принципиальную схему цепи, используя графические функции системы ExPRO. При построении принципиальной схемы создать модуль отображения резистора. Также отображение принципиальной схемы может быть вынесено в отдельный модуль. Пример принципиальной схемы приведен на Рис. 4.1.

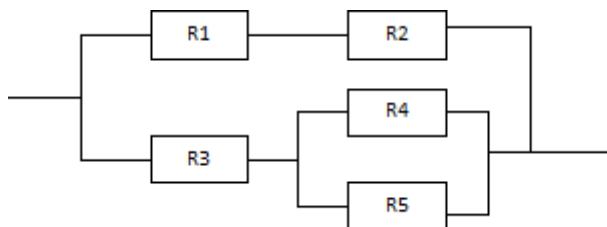


Рис. 4.1. Пример принципиальной схемы сети

2. Создать классы: Резистор, Блок и Цепь.

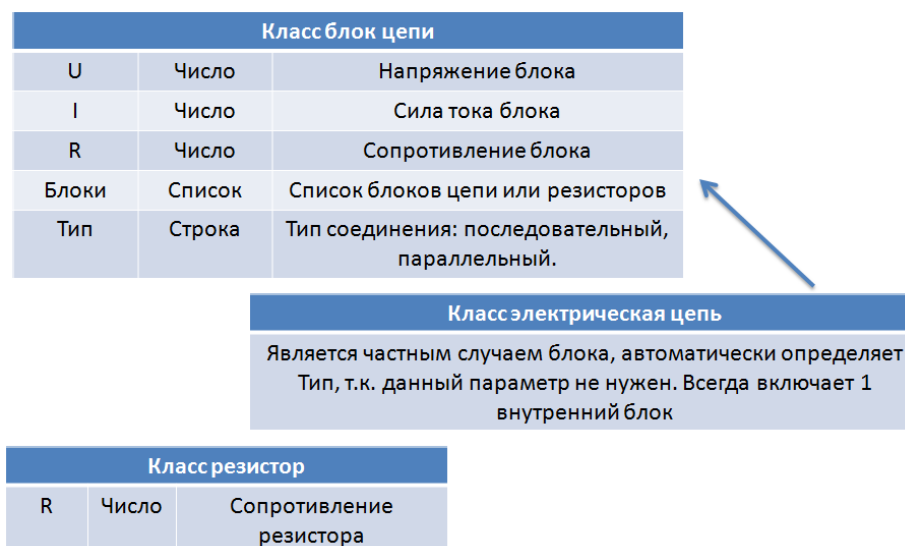


Рис 4.2. Свойства классов: резистор, блок, цепь

3. Создать описания схемы цепи в отдельном правиле с использованием объектов.

4. Определить сопротивление цепи. Реализовать расчет сопротивления через внутренние правила классов учитывая последовательные и параллельные варианты соединения. Необходимо чтобы при изменении цепи расчет не приходилось менять. Входными данными являются сопротивления всех резисторов.

5. Определить силу тока цепи.

6. Создать шаблон и документ с результатами расчета параметров цепи.

Задания

1. Создать базу знаний по расчету силы тока в цепи. Входными параметрами являются характеристики отдельных резисторов и напряжение в цепи.

Необходимо использовать классы и объекты для описания электрической цепи.

Необходимо сформировать документ в качестве результата работы БЗ.

Контрольные вопросы

1. Как создать класс в ExPRO?

2. Чем отличаются Public и Protected свойства?

3. Как создать объект в ExPRO с заданными значениями свойств?
4. Как использовать свойства объекта при получении его из списка в том же правиле?
5. Как создавать и использовать внутренний шаблон в ExPRO?
6. Какие варианты использования внешних шаблонов присутствуют в ExPRO?
7. Для чего нужны внутренние правила классов в ExPRO?
8. Как в системе ExPRO организовано наследование?
9. Как работает функция ДОКУМЕНТ?
10. Опишите какими параметрами характеризуются класс и объект в системе ExPRO.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ С ИЗМЕНЕНИЕМ СТРАТЕГИИ ВЫВОДА

Цели и задачи работы

Лабораторная работа 5 позволяет освоить прямой, обратный и комбинированный вывод, а также функции управления (ПОСЛ, УДАЛИТЬ и др.)

В работе предполагается: решение задач с использованием различных стратегий вывода.

Теоретический материал

Процесс поиска решений в продукционных экспертных системах – это последовательный выбор и выполнения правила пока не будет выполнено условие решения задачи. Правило для выполнения может быть выбрано сразу или поэтапно. Например, может быть выбран набор правил, из которого уже будет выбрано единственное правило.

Принцип выбора правила/набора правил на каждом из этапов регулируется стратегией поиска решений. На верхнем уровне стратегии, как правило, классифицируются по направлению вывода: прямой вывод, обратный вывод, комбинированный вывод.

В системе ExPRO присутствуют все три вида выводов.

Схема обратного вывода приведена на Рис. 5.1.

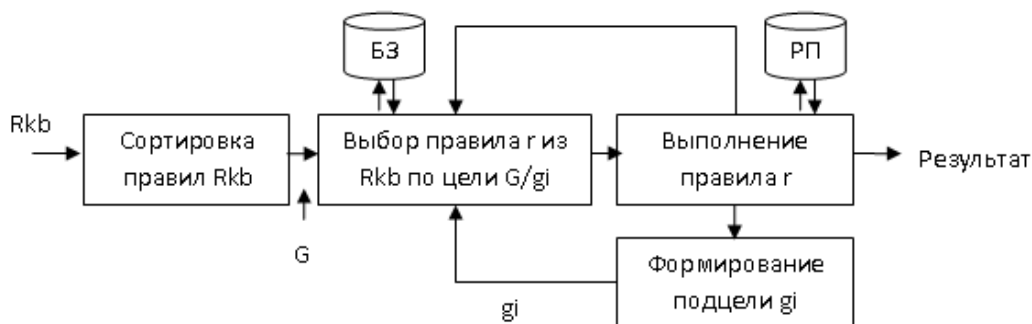


Рис. 5.1. Обратный вывод в системе ExPRO

1. Перед началом вывода правила сортируются: по убыванию порядка приоритета, по возрастанию порядкового номер. Это значит, что в случае, если могут быть применены несколько правил, то первыми будут применяться правила с более высоким приоритетом. Если же таких правил тоже несколько, то будет применено правило, которое находится выше в списке правил в редакторе базы знаний.

2. Выбор первого правила, определяющего цель. Например, если цель – «S», то правило “ЕСЛИ Тип = «Прямоугольник» ТО $S=a*b$ ” будет выбрано как определяющее цель.

3. После выбора правило выполняется. Сначала проверяется условие. Если оно ложно, то идет новый выбор правила, т.е. возвращение на пункт 2, но выбираются только правила идущие после последнего выбранного. После выполняются действия. Если в процессе проверки условий или выполнения действий будет обнаружена переменная, не имеющая значения, то для нее будет запущен обратный вывод.

Схема прямого вывода приведена на Рис. 5.2.

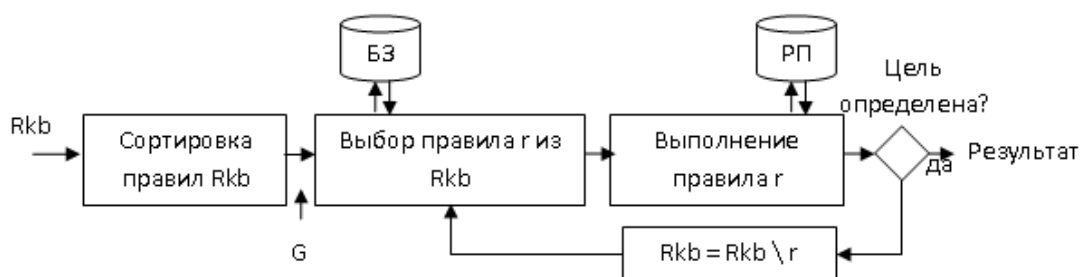


Рис. 5.2. Прямой вывод в системе ExPRO

1. Перед началом вывода производится сортировка аналогичная обратному выводу.

2. Выбирается правило по следующим принципам: все переменные определены, условия истинны.

Например, правило «ЕСЛИ Тип = «Прямоугольник» ТО $S=a*b$ » будет выбрано, если будут известны значения переменных «Тип», «a», «b» и будет истинно «Тип = "Прямоугольник"».

3. После выбора правило выполняются все его действия

4. После этого проверяется достижение цели (найден ли ее значение)

5. Если значение цели найдено, то поиск решений заканчивается. Иначе, правило исключается из списка правил и происходит переход к пункту 2.

Также в системе ExPRO доступен поиск решений с возможностью изменения стратегии в процессе поиска решений. Для этого при поиске решений нужно выбрать «прямой вывод» и для каждой переменной, значение которой планируется искать обратным выводом нужно отметить «Поиск значения переменной обратным выводом». При таких настройках изначально будет запущен прямой вывод. Однако, при выборе правила условия проверяться не будут и могут выбраны правила, у которых не все переменные определены (те переменные, которые отмечены флагом). Выполнение правила аналогично обратному выводу.

Порядок выполнения правил протоколируется и доступен для анализа после поиска решений в разделе "Объяснение".

Для управления поиском решений из базы знаний в системе предусмотрены функции управления.

Функция ПОСЛ задает последовательность поиска подцелей обратным выводом. Пример: цель = ПОСЛ(площадь, периметр). При этом возвращается значение последней найденной цели. Вместо цель может стоять список целей, если данный список стоит последним, то возвращен будет весь список значений. Например: цель = ПОСЛ(площадь, периметр, [гипотенуза, высота, биссектриса]).

Для удаления значения переменной используется функция УДАЛИТЬ. Например: УДАЛИТЬ(S). Данная функция используется для повторного расчета значения переменной. Важно помнить, что прямой вывод не выбирает пра-

вило два раза за поиска решений, поэтому пересчет как правило используется в рамках обратного вывода.

Порядок выполнения работы

1. Создание базы знаний обработки элементов таблицы. Порядок обработки:

- Ввод таблицы элементов
- Цикл по всем элементам таблицы
- Расчет нового значения элемента в отдельном правиле
- Изменение элемента таблицы на рассчитанный
- Удаление расчетного значения для возможности его повторного расчета для другого элемента
- Вывод результата

2. Запуск процесса поиска решений со стратегией вывода – прямой. Анализ объяснения.

3. Запуск процесса поиска решений со стратегией вывода – обратный. Анализ объяснения.

4. Указание для расчетного элемента "Поиск обратный выводом". Запуск процесса поиска решений со стратегией вывода – прямой. Анализ объяснения.

5. Подбор собственных примеров задач решаемых определенными стратегиями.

Задания

1. Создать базу знаний для возведения в квадрат элементов вводимой пользователем таблицы. Проанализировать ее выполнение различными стратегиями.

2. Подобрать задачу с необходимостью реализации циклически зависящих правил.

Пример:

Пр1. ЕСЛИ ТО $a=5$ $b=c+1$

Пр2. ЕСЛИ ТО $c=a+1$

Использовать поиск решений с изменяемой стратегией для созданной базы знаний.

2. Подобрать задачу с необходимостью вызова расчета значения переменной в процессе прямого вывода. По аналогии с задачей возведения в квадрат элементов таблицы.

3. Использовать смену стратегии в процессе поиска решений для ранее решенных задач. Проанализировать эффект от использования изменения стратегии.

4. Создать базу знаний, которая выполняется только с использованием поиска решений с изменяемой стратегией.

Контрольные вопросы

1. Какие стратегии представлены в системе ExPRO?
2. Как работает обратный вывод в ExPRO?
3. Как работает прямой вывод в ExPRO?
4. Как работает комбинированный вывод в ExPRO?
5. Какие функции управления есть в ExPRO?
6. Как использовать комбинированный вывод в ExPRO?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Цели и задачи работы

Лабораторная работа 6 позволяет освоить работу с искусственными нейронными сетями (ИНС). Используется функция ИНС.

В работе предполагается: создание топологии ИНС, создание схемы преобразования входов/выходов ИНС, обучение ИНС, подготовка данных с использованием экспертных систем для ИНС, обработка результатов работы ИНС в экспертной системе.

Теоретический материал

Модель нейрона изображена на рис. 6.1. и состоит из сумматора и блока нелинейного преобразования F.

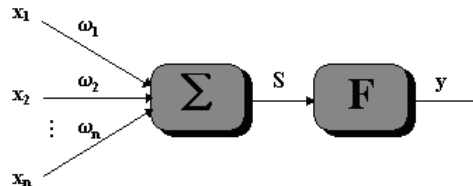


Рис. 6.1. Модель нейрона

Сумма произведений входных сигналов на весовые коэффициенты называется взвешенной суммой. Она представляет собой скалярное произведение вектора весов на входной вектор, также может быть порог активации T (Рис. 6.2.)

$$S = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i - T$$

Рис. 6.2. Формула сумматора нейрона (w – веса нейрона, x- вход)

Оператор нелинейного преобразования F называется функцией активации нейрона. В качестве оператора нелинейного преобразования могут использоваться различные функции, которые определяются в соответствии с решаемой задачей и типом нейронной сети.

В системе ExPRO используется биполярная сигмоидная функция (Рис. 6.3., Рис. 6.4.)

$$y = \frac{2}{1 + e^{-s}} - 1.$$

Рис. 6.3. Биполярная сигмоидальная функция активации нейрона

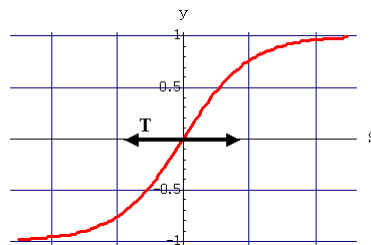


Рис. 6.4. Графическое отображение биполярной сигмоидальной функции.

ИНС из множества слоев нейронов. Входной слой выполняет распределительные функции. Выходной слой служит для обработки информации от предыдущих слоев и выдачи результатов. Слои, расположенные между входным и выходным слоем, называются промежуточными или скрытыми, они являются обрабатывающими. Выход каждого нейрона предыдущего слоя нейронной сети соединен синаптическими связями со всеми входами нейронов следующего слоя. (Рис. 6.5.)

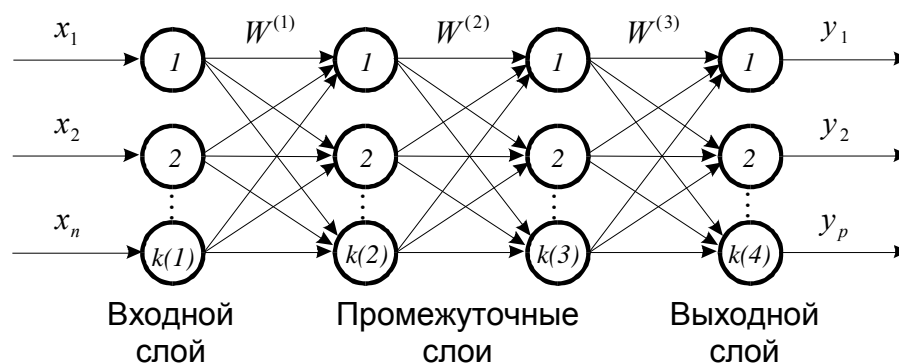


Рис. 6.5. Структура сети прямого распространения. W - матрица весовых коэффициентов i -го слоя многослойной сети

Топология этой сети выбирается при создании, и в течение обучения и работы количество нейронов и связи между ними не меняются, корректируются только веса и пороги нейронных элементов.

Метод обучения сети прямого распространения – обычно обучение с учителем. В ExPRO используется алгоритм обратного распространения ошибки.

Функционирование ИНС происходит по следующему принципу:

1. Формируется входной вектор X вещественных чисел $[-1;1]$;
2. Полученный вектор подается на вход каждому нейрону;
3. В каждом из нейронов вычисляется взвешенную сумму $S=(X, W)$ и функцию активации от нее $y=F(S)$;
4. Если в выходном слое, то полученный вектор выходов - результат работы;
5. Если нет - полученный вектор подается на вход следующему слою и переход к шагу 3.

Для использования **ИНС в системе ExPRO** необходимо выполнить следующие шаги:

1. Создать сеть в базе знаний ExPRO, дать ей имя и пояснительный комментарий.
2. Создать топологию сети. Создать сеть можно, создав слои с определенным количеством нейронов. Далее отдельные веса можно корректировать, вы-

бирая нужный нейрон. Есть возможность посмотреть и изменить значения весов, выбирая соответствующий нейрон.

3. Создать схему. Для преобразования данных из исходных пользовательских в отрезок $[-1;1]$ введено отдельное окно схемы. Пользователь указывает вход или выход для преобразования, указывает тип преобразования. Например, можно указать, что сеть принимать на вход №1 "ограниченный отрезок" от "0" до "10". Тогда на первый вход можно будет подавать число от 0 до 10 и оно будет автоматически приводиться к $[-1;1]$.

Для создания перечисляемого значения используется 8 входов сети начиная с указанного при создании элемента схемы номера.

4. Настроить сети. Для более эффективного обучения и работы сети можно настроить некоторые параметры сети на отдельной вкладке.

5. Обучить сеть. Необходимо добавить новые выборки и для каждой из них ввести желаемые значения входов и соответствующие им выходы. Входы и выходы вводятся в соответствии с настройками схемы из 3 пункта. Обучить сеть по введенным выборкам нажатием на кнопку обучить. Выборки могут быть загружены из ".csv" файла, а также сохранены и загружены с использованием внутреннего формата ИНС. Все выборки также будут сохранены в БЗ.

6. После того, как сеть создана и обучена, ей на вход можно подавать входные вектора и получать по ним выходы сети. Это делается на соответствующей вкладке.

Также вызов созданной и обученной ИНС можно осуществить с использованием системной функции ExPRO "ИНС".

Например, результат = ИНС(хор, $[x, y]$), где хор - имя сети, созданной в редакторе ExPRO, $[x, y]$ - список входов.

Порядок выполнения работы

1. Создание ИНС с именем инс1

1.1. Создание топологии ИНС (9 входов, внутренний слой из 9 нейронов, 1 выход)

1.2. Определение схемы преобразования входов/выходов (для всех входов/выходов "ограниченный отрезок" [0;1])

1.3. Создание обучающей выборки

2 примера:

0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 -> 1

0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 -> 0

1.4. Обучение сети

2. Создание базы знаний распознавания образов. Порядок распознавания:

- Ввод таблицы, каждая ячейка которой определяет цвет пикселя изображения
- Преобразование таблицы в список, состоящий из последовательности строк таблицы сверху вниз.
- Вызов ИНС для инс1 и сформированного списка
- Обработка результата ИНС и вывод результата работы БЗ

Задания

Создать базу знаний для распознавания образов (изображения "+" и "-") на ч/б изображении.

Контрольные вопросы

1. Как работает модель нейрона?
2. Какая архитектура у многослойной сети прямого распространения?
3. Как создавать ИНС в системе ExPRO?
4. Как работать с созданной ИНС в системе ExPRO?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.: ил.
2. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем. — СПб: СПб. ГУ ИТМО, 2005. — 93 с.
3. Минский М. Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. — М.: Энергия, 1979. — 152 с. С ил.
4. Головки В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. Л. И. Галушкина. — М: ИПРЖР, - 2001. — 256 с: ил.
5. Новиков Ф.А. Искусственный интеллект: представление знаний и методы поиска решений. Учебное пособие. — СПб. 2010. — 240 с.

Учебное издание

Юрин Арнольд Менделевич
Денисов Максим Павлович

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ ЭКСПЕРТНЫХ
СИСТЕМ НА ЯЗЫКЕ EXPRO**

Дизайн обложки
М.А. Ахметов

Подписано в печать 14.09.2013.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Формат 60х84 1/16. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. .
Тираж экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства Казанского университета

420008, г. Казань, ул. Профессора Нухина, 1/37
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28